مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۴، شماره ۲، سال ۱۳۹۷

ارزیابی مقاومت تعدادی از ژنوتیپ‌های سویا نسبت به بیماری پوسیدگی زغالی (*Macrophomina phaseolina*) در شرایط مزرعه

Evaluation of Resistance of Some Soybean Genotypes to Charcoal Rot (*Macrophomina phaseolina*) Disease Under Field Conditions

علی قربانی‌پور[۱]، بابک ربیعی[۲]، سیامک رحمانپور[۳] و اکبر خداپرست[۴]

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۲- استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۴- دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۵

چکیده

قربان‌پور، ع.، ربیعی، ب.، رحمانپور، س.، و خداپرست، ا. ۱۳۹۷. ارزیابی مقاومت تعدادی از ژنوتیپ‌های سویا نسبت به بیماری پوسیدگی زغالی (*Macrophomina phaseolina*) در شرایط مزرعه. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۴:** ۱۶۰-۱۴۳. 10.22092/spij.2018.118832

با توجه به اهمیت بیماری پوسیدگی زغالی سویا، تعداد یکصد و سی ژنوتیپ سویا در قالب طرح لاتیس ساده با دو تکرار به مدت دو سال (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج مورد ارزیابی قرار گرفتند. عملکرد دانه و شاخص‌های مربوط به بیماری شامل طول زخم، نسبت طول زخم به طول بوته، درصد بوته‌های آلوده و تعداد میکرواسکلروت‌ها در ساقه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد‌که در شرایط تنش بیماری کمترین درصد کاهش عملکرد دانه در بوته مربوط به ژنوتیپ شماره ۴۵ (۱/۱۱ درصد) و بیشترین درصد کاهش عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۱ (۶۰/۹۶ درصد) بود. نتایج این تحقیق نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳، ۴، ۵، ۱۰، ۱۲، ۲۰، ۲۴، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۴۰، ۴۱، ۴۳، ۴۵، ۴۶، ۵۰، ۵۳، ۵۴، ۶۳، ۶۴، ۶۶، ۷۴، ۷۶، ۷۷ و ۱۱۵ ضمن داشتن درصد کاهش عملکرد کمتر فاقد علائم بیماری بودند که به عنوان مقاوم شناسائی شدند. ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۱۱، ۵۹، ۵۸، ۵۷، ۵۵، ۴۲، ۳۵، ۳۳، ۲۵، ۱۸، ۱۳، ۱۲۹، ۱۲۴، ۱۲۳، ۱۱۱، ۱۰۹، ۹۷، ۹۳، ۸۶، ۷۸، ۷۲، ۷۰، ۶۲ و ۱۳۰دارای درصد کاهش عملکرد و میزان بیماری بالاتر و به عنوان حساس نسبت به بیماری پوسیدگی زغالی شناخته شدند. همبستگی بین درصد کاهش عملکرد دانه با طول زخم ($r=۰/۶۲^{**}$) و درصد بوته‌های آلوده ($r=۰/۵۳^{*}$) مثبت و معنی‌دار بود. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام نیز نشان داد که دو متغیر طول زخم و درصد بوته‌های آلوده مجموعاً بیش از ۶۱ درصد تغییرات موجود بین درصد کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌هارا در شرایط تنش بیماری توضیح دادند.

واژه‌های کلیدی: ژنوتیپ، سویا، شاخص بیماری‌زائی، عملکرد، درصد بوته‌های آلوده، طول زخم.

نگارنده مسئول: sirahmanpour@gmail.com تلفن: ۰۲۶۳۶۷۰۳۷۷۱

مقدمه

سویا (*Glycine max* L.) گیاهی است دیپلوئید (2n = 2x = 40)، یک ساله، دو لپه، از خانواده بقولات که به دلیل دارا بودن پروتئین و روغن بالا جایگاه ویژه‌ای را در میان گیاهان زراعی به خود اختصاص داده است. سویا به تعداد زیادی از عوامل بیماری‌زا حساس بوده و بیشترین خسارت به آن از طریق بیمارگرهایی وارد می‌شود که گیاهچه و ریشه گیاه را هدف قرار می‌دهند.

یکی از این عوامل بیماریزا قارچ *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. است که عامل بیماری پوسیدگی زغالی یا پژمردگی می‌باشد (Jana *et al.*, 2003). در شرایط مساعد، این قارچ میزبان‌های خود که بیش از ۵۰۰ گونه گیاهی همچون سویا، پنبه، ذرت، لوبیا چشم بلبلی، آفتابگردان، سورگوم و غیره می‌باشند را در مرحله ابتدایی رشد مانند بذر و گیاهچه‌ای آلوده کرده و سبب سوختگی و مرگ گیاهچه، پوسیدگی طوقه و ریشه در آنها شده و در نهایت باعث کاهش شدید عملکرد دانه می‌شود (Babu *et al.*, 200).

استفاده از ارقام مقاوم و متحمل موثرترین، اقتصادی‌ترین و سالم‌ترین روش از نظر زیست محیطی در کنترل این بیماری به شمار می‌رود، اما به علت فقدان روش‌های کارآمد برای ارزیابی بیماری در آزمایش‌های مزرعه‌ای و همچنین پلی‌فاژ بودن عامل بیماری و نحوه بیماری‌زایی آن، شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به بیماری با محدودیت‌هایی روبرو است و ژنوتیپ‌هایی با سطح بالای مقاومت به بیماری هنوز شناسایی نشده‌اند (Mengistu *et al.*, 2007).

پدرسون و همکاران (Pederson*et al.*, 2000) با بررسی نحوه واکنش ژنوتیپ‌های مختلف شبدر سفید نسبت به آلودگی با قارچ *M. phaseolina*، نشان دادند که ژنوتیپ‌های بومی دارای مقاومت بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بودند. ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان نیز از نظر حساسیت نسبت به بیماری پوسیدگی زغالی در تحقیقی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند که بر اساس نتایج حاصله، رقم R-244 و رقم Cms60/52XR-256 به ترتیب مقاوم‌ترین و حساس‌ترین رقم نسبت به بیماری پوسیدگی زغالی معرفی شدند (به ترتیب با ۰/۲۵ و ۸/۵ درصد بوته‌های آلوده)، در حالی که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در رقم پروگرس و رقم R-256 مشاهده شد (Salmani *et al.*, 2014).

رعیت‌پناه و علوی (Rayatpanah and Alavi, 2006) در مطالعه‌ای ارقام و لاین‌های مختلف سویا را در یک آزمایش مزرعه‌ای با آلودگی طبیعی در برابر بیماری پوسیدگی زغالی مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه‌گیری کردندکه در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ارقام ویلیامز و گرگان ۳ به ترتیب با ۷۷ و ۴۱/۵ درصد دارای بیشترین

شدت آلودگی و ارقام تلارو ساری به ترتیب با ۲۴/۷۵ و ۲۸/۷۵ درصد دارای کمترین شدت آلودگی بودند. پهلوانی و رضوی (Pahlavani and Razavi, 2007) پس از آلوده‌سازی ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ با روش خلال دندان، آنها را از نظر نحوه واکنش به عامل بیماریزای پوسیدگی زغالی به سه گروه مقاوم، نیمه‌حساس و حساس گروه‌بندی کردند.

منجیستو و همکاران (Mengistu *et al.*, 2011) ژنوتیپ‌های مختلف سویا را از نظر واکنش به بیماری پوسیدگی زغالی به چهار دسته ژنوتیپ‌های مقاوم (صفر تا ۱۰ درصد آلودگی)، نیمه‌مقاوم (۱۰ تا ۳۰ درصد آلودگی)، نیمه‌حساس (۳۱ تا ۶۰ درصد آلودگی) و حساس (بیش از ۶۰ درصد آلودگی) تقسیم‌بندی کردند. در مطالعه سعیدی‌نژاد و همکاران (Saidinejad *et al.*, 2013) رقم سویای ویلیامز با شدت آلودگی نهایی ۹۱/۱ درصد، حساس‌ترین رقم و رقم کتول با شدت آلودگی نهایی ۲۹/۳۳ درصد به عنوان مقاوم‌ترین رقم نسبت به پوسیدگی زغالی معرفی شد. آن‌ها رابطه‌ی معنی‌داری بین شدت بیماری و عملکرد و اجزای عملکرد دانه مشاهده کردند.

حاجیوند (Hajivand, 2014) نشان داد که ژنوتیپ‌های سویای ویلیامز، کتول × سحر۳، کتول × ویلیامز ۱۱ و کتول × همیلتون ۱۴ دارای بیشترین میزان وقوع و شدت بیماری پوسیدگی زغالی بیشتر بودند و برعکس ژنوتیپ‌های کتول × سحر۶ میزان وقوع و شدت بیماری برابر با صفربود. ژنوتیپ‌های کتول × همیلتون۱۶، کتول × ویلیامز۱۲، کتول × ویلیامز ۱۰، کتول × سحر۷، کتول × سحر۶، کتول × همیلتون۲۱ و کتول × همیلتون۱۸ حساسیت کمی نسبت به این بیماری داشتند و میزان وقوع و شدت بیماری در آن‌ها کم بود. در تحقیق آن‌ها وزن کل دانه بهترین همبستگی را با شدت بیماری نشان داد. همچنین، در آزمایش آن‌ها ژنوتیپ‌های دیررس عملکرد بالاتری داشتند و میزان وقوع و شدت بیماری در ژنوتیپ‌های دیررس بسیار کمتر از ژنوتیپ‌های زودرس بود.این موضوع به این دلیل می‌باشد که میزان فعالیت قارچ عامل بیماری در حرارت‌های بالا و رطوبت نسبی کم بیشتر است. بنابراین در زمان رسیدگی ژنوتیپ‌های دیرس، میزان دمای هوا کاهش یافته و قارچ فعالیت کمتری دارد که باعث کاهش خسارت بیماری می‌شود.

همتی و همکاران (Hemmati *et al.*, 2014) ژنوتیپ‌های مختلف سویا را از نظر مقاومت به بیماری پوسیدگی زغالی مورد ارزیابی قرار دادند و ارقام هاچستون، ساری، همیلتون و کتول با کمترین شاخص بیماری‌زائی در مرحله گیاهچه‌ای، به عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم و ژنوتیپ‌های گرگان ۳، L_{17} و ویلیامز هم با بالاترین شاخص بیماری‌زایی به عنوان ژنوتیپ‌های حساس به این بیمارگر معرفی شدند. منجیستو و همکاران (Mengistu *et al.*, 2018) نیز ژنوتیپ‌های

مختلف سویا را از نظر مقاومت نسبت به بیماری پوسیدگی زغالی درشرایط تنش خشکی مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که بیماری در شرایط تنش خشکی باعث کاهش شدیدتر عملکرد دانه شد.

از آنجاکه اقتصادی‌ترین و مناسب‌ترین شیوه کنترل بیماری پوسیدگی زغالی استفاده از ارقام مقاوم و متحمل است، این پژوهش با هدف شناسایی ارقام مقاوم و متحمل سویا به بیماری پوسیدگی زغالی در دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در کرج انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی مقاومت ارقام و لاین‌های مختلف سویا نسبت به بیماری پوسیدگی زغالی، ۱۳۰ ژنوتیپ سویا از گروه‌های رسیدگی مختلف در قالب دو آزمایش جداگانه به صورت طرح لاتیس ساده با دو تکرار طی دو فصل زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در کرج کشت شدند.

موادگیاهی در این تحقیق شامل بخشی از ژرم‌پلاسم سویای موجود در بانک ژن گیاهی ملی ایران در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر بودند که به صورت تصادفی انتخاب شدند. اطلاعات مربوط به ژرم‌پلاسم شامل نام ژنوتیپ، گروه رسیدگی و شماره نمونه ژنوتیپ در بانک ژن گیاهی ملی ایران در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در جدول ۱ ارائه شده است.

شخم اولیه به عمق ۳۰ سانتی‌متر و دیسک به عمق ۱۵ سانتی‌متر انجام و تسطیح زمین توسط ماله صورت گرفت. کود نیتروژن به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار با توجه به آزمایش خاک به نسبت مساوی در سه مرحله قبل از کاشت، زمان گل‌دهی و زمان غلاف‌دهی به کرت‌ها اضافه شد. بذرها پس از ضدعفونی با قارچکش کربوکسین تیرام در عمق سه سانتی‌متری خاک کاشته شدند. اولین آبیاری سه روز قبل از کاشت و آبیاری‌های بعدی به صورت هفته‌ای یک بار انجام شد. کنترل علف‌های هرز در چندین نوبت به صورت وجین دستی انجام شد.

برای آلوده‌سازی در شرایط مزرعه ابتدا جدایه با نام So_8، که از بوته آلوده سویا در مزرعه تحقیقاتی کرج حداسازی و خالص‌سازی شده بود، روی محیط کشت سیب‌زمینی- دکستروز- آگار (Potato Dexteose Agar = PDA) تکثیر شد تا کشت سه روزه به دست آید. دیسک‌های هفت میلی‌متری تهیه شده از حاشیه کلونی قارچ در مرکز تشتک‌های پتری‌دیش نه سانتی‌متری حاوی محیط کشت جدید PDA قرار داده شدند. سپس در شرایط سترون تعداد چهار عدد خلال دندان ضدعفونی شده برای هر تشتک با فواصل یکسان و در دو طرف دیسک میسلیومی قرار داده شد. بدین ترتیب تشتک‌های پتری‌دیش در شرایط تاریکی و دمای ۳۰ درجه

سلسیوس به مدت ۷ روز نگهداری شدند. پس از اینکه خلال دندان‌ها با کلونی میسلیوم و میکرواسکلروت‌های قارچ پوشانده شدند برای مایه‌زنی بوته‌ها به مزرعه منتقل شدند.

مایه‌زنی بوته‌ها در مرحله گلدهی انجام گرفت. برای مایه‌زنی ابتدا سوراخی به اندازه قطر خلال دندان با درفش در ارتفاع ده سانتی‌متری از سطح زمین روی ساقه‌ها به طور

جدول ۱- فهرست ژنوتیپ‌های سویا مورد استفاده در ارزیابی مقاومت به بیماری پوسیدگی زغالی (*M. phaseolina*) در شرایط مزرعه

Table 1. The list of soybean genotypes evaluated against charcoal rot disease (*M. phaseolina*) in field conditions

شماره No.	ژنوتیپ Genotype	گروه رسیدگی[a] Maturity group	شماره نمونه[b] Accession No.	شماره No.	ژنوتیپ Genotype	گروه رسیدگی[a] Maturity group	شماره نمونه[b] Accession No.
1	AGS 358 (3)	II	2176	33	Si-bi-va-1207	II	2038
2	AGS 359 (4)	III	3072	34	A 3237	II	2019
3	Hartwig	III	3061	35	A 3935	II	2020
4	Gloy	III	3062	36	Columbus	II	2022
5	2-L.80-5914	III	3057	37	Union	II	2034
6	B-R22 Bijelina	I	1173	38	Stressland-B	III	3034
7	LN 89-3394	II	2149	39	Stressland-C	III	2043
8	L.D 9	II	2079	40	GN3074	III	3074
9	Kenwood	II	2099	41	Pek - Cak - taj	III	3031
10	Fowler	III	3045	42	Swift	III	3026
11	TN 4.94	III	3037	43	G.3× Hamilton (10)	V	Sh8
12	Manacon	III	3022	44	DPX × Yougetsu (2)	V	Sh18
13	Fowler	III	3045	45	DPX × Yougetsu (3)	V	Sh19
14	Cysne	II	2093	46	DPX × Darby (2)	V	Sh31
15	Sort 62	II	2064	47	DPX × Darby (3)	V	Sh32
16	Sort 126 S.M.A.B	II	2065	48	Williams × DPX (6)	V	Sh40
17	Wars zawska	II	2044	49	Hamilton × Sahar (3)	V	Sh47
18	Bonus	II	2041	50	Hamilton × Nemaha (6)	V	Sh55
19	Clean	II	2052	51	9242	II	2004
20	Stressland-A	II	2055	52	S 24 - 92	II	2005
21	5601-46-6-1 C	II	2056	53	CX 232	II	2006
22	Harbinskaia111-3994/56	II	2060	54	Karbine	I	1096
23	Bean – CometB	II	2061	55	Harbinskaia 3971 B	I	1097
24	Delsoy 4210	III	3017	56	Dikmanova - Cierna	I	1098
25	Comet (NRM) B	I	1160	57	Dornburger	I	1099
26	B-R23 Bijelina	I	1162	58	Banjaluka B	II	1100
27	Bijelina 54/68	I	1163	59	Harasoy	I	1090
28	NS-16 B	I	1139	60	Motte	IV	4001
29	B-R3 (Bijelina)	I	1140	61	K.S 4895	IV	4007
30	Grangelb	I	1118	62	Essex	IV	4009
31	Mishel	II	2042	63	AGS 381 (10)	IV	4010
32	Calland	II	2047	64	TN 5.95	V	5001

a. گروه‌های رسیدگی I، II، III، IV و V به ترتیب خیلی زودرس، زودرس، متوسط رس، دیر رس و خیلی دیرس می‌باشند.

a. Maturity groups I, II, III, IV and V refers to: very early, early, medium, late and very late maturity, respectively.

b. شماره نمونه ژنوتیپ‌ها در کلکسیون سویای بانک ژن گیاهی ملی ایران در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج می‌باشد.

b. Accession No. refers to soybean collection accession number of the National Plant Gene Bank of Iran, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.

Table 1. Continued

ادامه جدول ۱

شماره No.	ژنوتیپ Genotype	گروه رسیدگی[a] Maturity group	شماره نمونه[b] Accession No.	شماره No.	ژنوتیپ Genotype	گروه رسیدگی[a] Maturity group	شماره نمونه[b] Accession No.
65	Delsoy 4710	V	5002	98	NE-3297	II	2133
66	EJC (Edi. Jappan)	V	5003	99	ST.Pazova 54/18	II	2162
67	Telar	V	5004	100	N.S-L-11-6	II	2161
68	Nekador	V	5005	101	Mercory	II	2147
69	Hatcheson	V	5006	102	Roanak	II	2125
70	Cliford	V	5007	103	Pance Vacka B	II	2123
71	Hood	V	5008	104	L.52	II	2165
72	Kaspian	V	5009	105	Sort 126 S.M.A.B	II	2164
73	Sari	V	5010	106	ERFurt	II	2163
74	AGS 346 (2)	V	5011	107	VINIMK 9186	II	2117
75	AGS (5)	V	5012	108	PA 83	II	2098
76	AGS 367 (6)	V	5013	109	VESTAG 97	II	2097
77	AGS 364 (8)	V	5014	110	Hack	II	2095
78	AGS 380 (9)	V	5014	111	Hadgson	II	2027
79	Doles	V	5018	112	CM - 1070	II	2012
80	GN2050	V	5020	113	S - 12 - 49	II	2013
81	DI 74	V	17F-1	114	S.R.F × Columbus	II	2016
82	D42.I4	III	17F-4	115	Budgoszkasz 061	II	2118
83	Linford	III	17F-13	116	Rounest	II	2119
84	Clean	III	17F-14	117	Poplu - 18 - 35	II	2028
85	LH-2500	III	17F-15	118	Tokyo Brown	II	2029
86	M 7	III	17F-16	119	Century 84	II	2030
87	TN 6.90	III	2130	120	RCAT ANGORA	II	2007
88	T 215	II	2171	121	S19 - 90	II	2009
89	Kabalovskaja B	II	2167	122	Black Tokyo	II	2062
90	Kabalovskaja	II	2166	123	Cul.9132	I	1047
91	8-L.65-3266	II	2157	124	AP - 1394	I	1098
92	Black Hawck	II	2156	125	PRO - 280	I	1064
93	Illinoi	II	2155	126	S 14 - H 4	I	1065
94	L.2	II	2152	127	SENTRY	I	1066
95	S3-941-8-1-8	II	2142	128	Spirit	II	TU38
96	L.8	II	2140	129	Salin	II	TU309
97	Darby	II	2138	130	Interprise	II	1067

a. گروه‌های رسیدگی I، II، III، IV و V به ترتیب خیلی زودرس، زودرس، متوسط رس، دیر رس و خیلی دیرس می‌باشند.

a. Maturity groups I, II, III, IV and V refers to: very early, early, medium, late and very late maturity, respectively.

b. شماره نمونه ژنوتیپ‌ها در کلکسیون سویای بانک ژن گیاهی ملی ایران در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج می‌باشد.

b. Accession No. refers to soybean collection accession Number of the National Plant Gene Bank of Iran, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.

افقی ایجاد شد و سپس خلال‌های آلوده به گونه‌ای که آوندهای گیاه به طور کامل قطع نشود به درون ساقه گیاه فرو برده شدند (Mengistu *et al.*, 2011).

پس از رسیدگی بوته‌ها، عملکرد دانه در بوته در هر دو شرایط تنش (بیماری) و بدون تنش (شاهد) اندازه‌گیری و سپس میزان درصد کاهش عملکرد دانه برآورد شد. علاوه بر آن،

طول زخـم ایجـاد شـده در سـاقه توسـط قـارچ، نسبت طول زخم به طول بوته، درصـد بوتـه‌هـای آلوده و تعداد میکرواسکلروت‌هـا در سـاقه پـس از رسـیدگی بوتـه‌هـا بـرای سـنجش مقاومـت و حساسـیت لایـن‌هـای سـویا نسـبت بـه بیمـاری اندازه‌گیری شدند. برای تعیین درصـد بوتـه‌هـای آلوده، تعداد بوته‌هـای دارای علائـم بیمـاری بـر تعداد کل بوتـه‌هـای آلـوده شـده در هـر کـرت تقسیم شد.

بـرای انـدازه‌گیـری طـول زخـم ایجـاد شـده توسط قارچ در ساقه از خط‌کـش اسـتفاده شـد. تعداد میکرو اسکلروت‌ها در ساقه پـس از بـرش ساقه در زیر میکروسـکوپ بینوکـولار در سـطح چهار میلی‌مترمربع مـورد شـمارش قـرار گرفـت (Mengistu *et al.*, 2011). کلیـه ایـن صـفات در چهار بوته از هر تکـرار انـدازه‌گیـری شـدند، بطوریکه در شرایط تنش (بیماری) هر چهار بوته آلوده شده و در شـرایط بـدون تـنش (شـاهد) از وسط ردیف‌ها به‌صورت تصادفی انتخاب شدند.

داده‌های حاصل از پژوهش ابتدا وارد صفحه اکسـل شـدند و پـس از آزمـون یکنـواختی واریـانس خطـا توسـط آزمـون بارتلـت و نرمـال بودن داده‌هـا توسـط نـرم‌افـزار آمـاری SAS بـر اساس موازین طرح بلوک‌هـای کامـل تصـادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. توضیح اینکه، بـا توجـه بـه اینکـه تفـاوت بـین بلـوک‌هـا غیـر معنی‌دار بود، بلوک‌های ناقص در هم ادغام شـد و به صورت طـرح بلـوک‌هـای کامـل تصـادفی مـورد تجزیـه واریـانس انجـام شـد. مقایسـه میـانگین‌هـا نیـز بـا اسـتفاده از آزمـون تـوکی در سطح احتمال ۵ درصـد انجـام شـد. بـرای انجـام تجزیـــه‌هـــای همبســـتگی و رگرســـیون از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

میـــانگین درصـــد کـــاهش عملکـــرد دانـــه ژنوتیـپ‌هـای مـورد مطالعـه در شـرایط بیمـاری پوسیدگی زغالی در جدول ۲ ارائـه شـده اسـت. در میـان ژنوتیـپ‌هـای مـورد مطالعـه کمتـرین درصد کاهش عملکرد دانـه در بوتـه مربـوط بـه ژنوتیـپ شـماره ۴۵ (۱/۱۱ درصـد) و بیشـترین درصد کاهش عملکرد دانـه مربـوط بـه ژنوتیـپ شـماره ۱۱ (۶۰/۹۶ درصـد) بـود (جـدول ۲). علاوه بـر ایـن ژنوتیـپ‌هـا،میزان درصـد کـاهش عملکـرد در اثـر بیمـاری پوسـیدگی زغـالی در ژنوتیـپ‌هـای شـماره ۱۸، ۴۲، ۵۵، ۵۸، ۶۲، ۷۸، ۱۱۱، ۱۱۳، ۱۲۳، ۱۲۹ و ۱۳۰کمتـر ولـی قابـل توجه بود که نشان می‌دهـد ایـن ژنوتیـپ‌هـا نیـز نسبت به این بیماری حساس هستند (جدول ۲).

علائم بیمـاری پوسـیدگی زغـالی روی سـاقه به صـورت لکـه‌هـای تغییـر رنـگ یافتـه و بیشـتر قهوه‌ای متمایل به قرمز در قسمت‌های نزدیک به طوقه بود. بـا افـزایش شـدت بیمـاری لکـه‌هـا بـه رنـگ قهـوه‌ای تیـره درآمدنـد و انـدام‌هـای هوایی بوته‌های آلوده نیز دچار رنگ پریدگی و در نهایـــت خشـــکی شـــدند. بـــا پیشـــرفت بیماری قسمت چوب پنبه‌ای داخل ساقه به رنگ ســـیاه تغییـــر کـــرد و دانـــه‌هـــای ریـــز

جدول ۲- مقایسه میانگین درصد کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا در شرایط تنش بیماری پوسیدگی زغالی ناشی از *M. phaseolina*

Table 2. Mean comparison of the percentage of grain yield reduction of soybean genotypes under charcoal rot disease (*M. phaseolina*) stress conditions

شماره ژنوتیپ Genotype No.	درصد کاهش عملکرد دانه Grain yield reduction (%)	شماره ژنوتیپ Genotype No.	درصد کاهش عملکرد دانه Grain yield reduction (%)	شماره ژنوتیپ Genotype No.	درصد کاهش عملکرد دانه Grain yield reduction (%)	شماره ژنوتیپ Genotype No.	درصد کاهش عملکرد دانه Grain yield reduction (%)	شماره ژنوتیپ Genotype No.	درصد کاهش عملکرد دانه Grain yield reduction (%)	شماره ژنوتیپ Genotype No.	درصد کاهش عملکرد دانه Grain yield reduction (%)
1	5.70	23	36.45	45	1.11	67	22.38	89	15.63	111	46.97
2	12.79	24	5.98	46	7.39	68	11.48	90	9.36	112	35.80
3	5.57	25	56.03	47	27.59	69	11.19	91	29.84	113	45.35
4	15.87	26	31.42	48	15.45	70	37.66	92	30.22	114	30.98
5	23.67	27	36.26	49	10.73	71	13.50	93	60.83	115	14.43
6	52.25	28	40.79	50	2.35	72	52.26	94	14.46	116	26.03
7	10.20	29	22.98	51	17.68	73	57.75	95	15.23	117	29.53
8	31.64	30	6.96	52	34.03	74	4.99	96	28.57	118	14.25
9	34.89	31	14.58	53	2.59	75	29.79	97	56.19	119	31.95
10	4.53	32	2.06	54	16.05	76	5.01	98	23.36	120	31.51
11	60.96	33	49.47	55	42.52	77	13.79	99	28.85	121	29.60
12	6.97	34	29.80	56	8.23	78	45.24	100	30.20	122	32.42
13	40.34	35	50.41	57	49.82	79	33.65	101	9.71	123	46.48
14	26.49	36	27.97	58	46.67	80	30.87	102	31.41	124	48.06
15	28.53	37	17.27	59	53.99	81	30.38	103	30.60	125	31.60
16	30.57	38	27.96	60	11.47	82	15.10	104	32.28	126	15.11
17	36.00	39	25.94	61	28.75	83	38.75	105	32.43	127	14.91
18	11.80	40	27.89	62	46.51	84	25.67	106	8.88	128	21.09
19	38.47	41	8.41	63	2.98	85	19.93	107	10.52	129	47.95
20	14.12	42	43.98	64	25.05	86	40.24	108	27.62	130	44.49
21	29.79	43	4.23	65	16.64	87	26.81	109	40.77		
22	34.45	44	13.18	66	15.88	88	13.56	110	14.76		
$LSD_{5\%}$	3.82	$LSD_{5\%}$	3.82	$LSD_{5\%}$	3.82	$LSD_{5\%}$	3.82	$LSD_{5\%}$	3.82	$LSD_{5\%}$	3.82
$HSD_{5\%}$	6.92	$HSD_{5\%}$	6.92	$HSD_{5\%}$	6.92	$HSD_{5\%}$	6.92	$HSD_{5\%}$	6.92	$HSD_{5\%}$	6.92

میکرواسکلروت در سطح آن نمایان شد. مقایسه میانگین طول زخم نشان داد که بیشترین طول زخم ایجاد شده در ساقه در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مربوط به ژنوتیپ شماره ۲ (۴۳/۲ سانتی‌متر) بود (جدول ۳). طول زخم در ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳، ۴، ۷، ۱۰، ۲۰، ۲۴، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۴۱، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۳، ۵۴، ۶۳، ۶۴، ۶۶، ۷۴، ۷۶، ۷۷ و ۱۱۵ صفر بود (جدول ۳).ژنوتیپ شماره ۵ (۰/۷۳) دارای بیشترین نسبت طول زخم به طول بوته بود (جدول ۳). نسبت طول زخم به طول بوته در ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳، ۴، ۷، ۱۰، ۲۰، ۲۴، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۴۱، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۳، ۵۴، ۶۳، ۶۴، ۶۶، ۷۴، ۷۶، ۷۷ و ۱۱۵ صفر بود (جدول ۳).

درصد بوته‌های آلوده در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو سال انجام آزمایش از ۰ تا ۹۹/۲ درصد متغیر بود که ژنوتیپ شماره ۱۳۰ (۹۹/۲ درصد) دارای بیشترین درصد آلودگی بود (جدول ۳). در ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳، ۴، ۷، ۱۰، ۲۰، ۲۴، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۴۱، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۳، ۵۴، ۶۳، ۶۴، ۶۶، ۷۴، ۷۶، ۷۷ و ۱۱۵ هیچگونه از علائم بیماری مشاهده نشد (جدول ۳).

میانگین تعداد میکرواسکلروت‌ها در ساقه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از ۰ تا ۲۰۰/۳۳ عدد متغیر بود. بیشترین تعداد میکرو اسکلروت‌ها در ساقه در ژنوتیپ شماره ۱۳۰ (۲۰۰/۶ عدد) مشاهده شد (جدول ۳). تعداد میکرواسکلروت‌ها در ساقه در ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳، ۴، ۷، ۱۰، ۲۰، ۲۴، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۴۱، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۳، ۵۴، ۶۳، ۶۶، ۷۴، ۷۶، ۷۷ و ۱۱۵ در دو سال آزمایش صفر بود (جدول ۳).

همانطور که نتایج نشان دادبا وجود افزایش میزان خسارت همگام با توسعه بیماری، شدت علائم در یکسری از ژنوتیپ‌ها صفر یا ناچیز است. نتایج فوق نشان می‌دهد که عدم مشاهده علائم نمی‌تواند دال بر فقدان خسارت توسط بیماری باشد. گیاهان آلوده ممکن است فاقد علائم بوده و حتی با وجود کاهش عملکرد محصول علائم مشخصه بیماری را نشان ندهند.با این حال، معمولا کاهش عملکرد قابل توجه در گیاهانی رخ می‌دهد که علائم بیماری را بروز می‌دهند (Luc *et al*., 2005).

در مطالعه رعیت‌پناه و همکاران (Rayatpanah *et al*., 2007) ارقام سویای ساری و تلار کمترین میزان آلودگی را پس از رقم ویلیامز نسبت به بیماری پوسیدگی زغالی نشان دادند. در مطالعه حاضر نیز ارقام تلار و ساری از نظر مقاومت نسبت به بیماری پوسیدگی زغالی مورد بررسی قرار گرفتند که علائم بیماری در رقم تلار مشاهده نشد ولی رقم ساری نسبت به بیماری حساسیت نشان داد که این نتایج شاید به دلیل متفاوت بودن شرایط محیطی در محل‌های آزمایش باشد. در مطالعه نواب‌پور و همکاران (Navabpour *et al*., 2013) رقم ساری حساس

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات و شاخص‌های ژنوتیپ‌های سویای در آلودگی به بیماری پوسیدگی زغالی(*M. phaseolina*)

Table 3. Mean comparison of the traits and indicesof soybean genotypes infected by charcoal rot disease (*M. phaseolina*)

شماره ژنوتیپ Genotype No.	طول زخم (میلی‌متر) Lesion length (mm)	نسبت طول زخم به طول بوته Ratio of lesion length to plant length	درصد بوته‌های آلوده Infected plants (%)	تعداد میکرواسکلروت‌ها در ساقه Number of microsclerota in stem	شماره ژنوتیپ Genotype No.	طول زخم (میلی‌متر) Lesion length (mm)	نسبت طول زخم به طول بوته Ratio of lesion length to plant length	درصد بوته‌های آلوده Infected plants (%)	تعداد میکرواسکلروت‌ها در ساقه Number of microsclerota in stem
1	0.00	0.00	0.00	0.00	23	24.30	0.49	44.60	136.30
2	43.20	0.49	15.50	48.22	24	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	25	16.83	0.46	25.50	124.21
4	0.00	0.00	0.00	0.00	26	13.50	0.33	32.50	175.67
5	34.50	0.73	82.17	46.67	27	21.67	0.53	53.30	127.17
6	31.83	0.56	70.20	121.33	28	26.08	0.62	64.17	56.83
7	0.00	0.00	0.00	0.00	29	12.25	0.35	39.18	116.21
8	14.92	0.31	44.32	88.10	30	0.00	0.00	0.00	0.00
9	28.20	0.25	39.50	71.21	31	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	32	0.00	0.00	0.00	0.00
11	34.92	0.49	65.33	72.67	33	30.50	0.49	78.20	123.50
12	20.25	0.25	50.12	7.58	34	25.80	0.42	62.50	29.67
13	18.67	0.34	81.10	118.83	35	28.50	0.40	45.60	69.68
14	19.08	0.29	35.50	96.50	36	23.10	0.30	58.13	23.30
15	13.42	0.36	35.50	74.17	37	16.83	0.25	60.83	48.73
16	15.58	0.39	36.10	113.11	38	24.8	0.39	69.16	36.50
17	19.50	0.51	38.10	111.83	39	22.67	0.29	57.50	123.50
18	27.42	0.40	40.33	37.17	40	30.01	0.46	60.80	12.33
19	19.08	0.35	35.83	153.67	41	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	42	23.17	0.33	74.50	95.50
21	26.33	0.47	41.66	172.11	43	0.00	0.00	0.00	0.00
22	22.25	0.42	45.19	145.67	44	0.00	0.00	0.00	0.00
$LSD_{5\%}$	9.90	0.23	19.41	28.59	$LSD_{5\%}$	9.90	0.23	19.41	28.59
$HSD_{5\%}$	14.009	0.32	27.44	40.44	$HSD_{5\%}$	14.009	0.32	27.44	40.44

Table 1. Continued

ادامه جدول ۱

شماره ژنوتیپ Genotype No.	طول زخم (میلی‌متر) Lesion length (mm)	نسبت طول زخم به طول بوته Ratio of lesion length to plant length	درصد بوته‌های آلوده Infected plants (%)	تعداد میکرواسکلروت‌ها در ساقه Number of microsclerota in stem	شماره ژنوتیپ Genotype No.	طول زخم (میلی‌متر) Lesion length (mm)	نسبت طول زخم به طول بوته Ratio of lesion length to plant length	درصد بوته‌های آلوده Infected plants (%)	تعداد میکرواسکلروت‌ها در ساقه Number of microsclerota in stem
45	0.00	0.00	0.00	0.00	67	29.42	0.53	40.50	190.77
46	0.00	0.00	0.00	0.00	68	13.15	0.39	37.50	65.90
47	15.47	0.30	25.20	10.18	69	23.25	0.44	32.21	195.30
48	0.00	0.00	0.00	0.00	70	25.3	0.41	78.30	108.60
49	0.00	0.00	0.00	0.00	71	15.25	0.32	27.50	168.67
50	0.00	0.00	0.00	0.00	72	42.5	0.55	95.83	140.17
51	14.17	0.34	57.50	24.33	73	32.17	0.37	82.20	172.67
52	9.67	0.21	50.10	65.17	74	0.00	0.00	0.00	0.00
53	0.00	0.00	0.00	0.00	75	26.53	0.53	72.20	122.50
54	0.00	0.00	0.00	0.00	76	0.00	0.00	0.00	0.00
55	32.16	0.50	90.66	170.50	77	0.00	0.00	0.00	0.00
56	20.50	0.49	54.44	115.30	78	24.30	0.40	80.32	126.22
57	21.33	0.37	61.30	34.23	79	25.50	0.40	55.60	55.67
58	20.50	0.36	72.20	63.67	80	18.83	0.30	59.20	44.83
59	11.17	0.49	77.17	108.60	81	28.83	0.36	69.20	48.83
60	15.90	0.30	41.67	102.30	82	26.70	0.43	66.75	12.67
61	15.50	0.27	32.83	65.80	83	24.30	0.39	96.30	126.22
62	19.17	0.33	70.83	87.67	84	14.60	0.25	54.01	122.83
63	0.00	0.00	0.00	0.00	85	22.08	0.48	91.50	92.83
64	0.00	0.00	0.00	0.00	86	25.11	0.36	91.84	123.66
65	20.42	0.32	30.11	61.20	87	20.12	0.22	68.30	21.67
66	0.00	0.00	0.00	0.00	88	16.83	0.45	61.68	102.13
$LSD_{5\%}$	9.90	0.23	19.41	28.59	$LSD_{5\%}$	9.90	0.23	19.41	28.59
$HSD_{5\%}$	14.009	0.32	27.44	40.44	$HSD_{5\%}$	14.009	0.32	27.44	40.44

Table 1. Continued

ادامه جدول ۱

شماره ژنوتیپ Genotype No.	طول زخم (میلی‌متر) Lesion length (mm)	نسبت طول زخم به طول بوته Ratio of lesion length to plant length	درصد بوته‌های آلوده Infected plants (%)	تعداد میکرواسکلروت‌ها در ساقه Number of microsclerota in stem	شماره ژنوتیپ Genotype No.	طول زخم (میلی‌متر) Lesion length (mm)	نسبت طول زخم به طول بوته Ratio of lesion length to plant length	درصد بوته‌های آلوده Infected plants (%)	تعداد میکرواسکلروت‌ها در ساقه Number of microsclerota in stem
89	14.33	0.35	62.12	39.90	111	26.30	0.39	94.50	172.17
90	18.80	0.34	61.30	95.50	112	10.67	0.31	77.36	138.10
91	25.67	0.30	52.60	149.60	113	16.50	0.38	72.45	81.67
92	17.90	0.36	75.50	15.20	114	13.10	0.21	48.30	39.34
93	18.67	0.41	91.59	155.80	115	0	0.00	0.00	0.00
94	33.90	0.41	84.17	117.67	116	18.33	0.32	82.70	127.17
95	19.17	0.38	75.84	100.90	117	20.60	0.44	84.10	29.70
96	23.50	0.52	86.67	154.80	118	34.20	0.42	93.11	64.50
97	22.67	0.37	95.17	97.60	119	22.72	0.39	90.02	165.30
98	17.10	0.34	77.24	92.50	120	13.67	0.23	86.55	182.11
99	13.75	0.26	80.10	16.67	121	27.60	0.50	92.52	69.50
100	28.30	0.45	66.65	17.80	122	16.83	0.34	89.67	108.20
101	27.10	0.30	90.83	123.10	123	15.33	0.36	86.63	113.42
102	13.90	0.32	51.70	43.50	124	27.65	0.50	92.50	69.58
103	19.60	0.47	94.11	70.60	125	12.60	0.18	78.23	90.30
104	15.80	0.35	70.30	131.76	126	18.83	0.32	95.89	124.20
105	21.17	0.42	85.53	164.10	127	14.80	0.27	79.11	15.50
106	20.20	0.46	80.10	69.20	128	13.21	0.28	73.34	18.27
107	22.30	0.42	90.17	152.50	129	29.13	0.41	98.32	108.73
108	20.10	0.41	88.13	99.30	130	28.17	0.51	99.20	200.60
109	27.20	0.59	93.31	103.67					
110	17.50	0.40	90.10	120.54					
$LSD_{5\%}$	9.90	0.23	19.41	28.59	$LSD_{5\%}$	9.90	0.23	19.41	28.59
$HSD_{5\%}$	14.009	0.32	27.44	40.44	$HSD_{5\%}$	14.009	0.32	27.44	40.44

به بیماری ارزیابی شد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. منجیستو و همکاران (Mengistu *et al*., 2011) گزارش کردند که ژنوتیپ Manacon دارای مقاومت نسبی نسبت به بیماری پوسیدگی زغالی بود که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد.

بروز واکنش‌های متفاوت گیاهان به عوامل بیماری‌زای قارچی را به تغییر ترکیبات نیتروژن گیاه تحت تنش نیز نسبت داده‌اند، زیرا تغییر در متابولیسم نیتروژن میزبان تحت تنش ممکن است باعث تبدیل گیاه به بستری مناسب برای عامل بیماری‌زا شود. در این شرایط، ترکیبات مختلف نیتروژن از جمله اسیدهای آمینه آزاد در گیاه تولید می‌شوند که توسط *M. phaseolina* به عنوان منبع نیتروژن مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین وجود جدایه‌های مختلف از نظر مصرف انواع این منابع امکان رشد این عوامل را بهتر فراهم می‌کنند (Govindappa *et al*., 2005).

بر اساس نتایج سایر محققین به نظر می‌رسد مهم‌ترین پاسخ حفاظتی ژنوتیپ‌های گیاهی در القای مقاومت به تنش در تفاوت در فعالیت دفاع آنزیمی و غیرآنزیمی باشد (Abdel-Monaim, 2013). نتایج این تحقیق همانند نتایج تحقیقات محققان دیگر (Saidinejad *et al*., 2013) مشخص کرد که ژنوتیپ‌های زودرس دارای آلودگی بیشتر و ژنوتیپ‌های دیررس دارای آلودگی کمتر نسبت به بیماری پوسیدگی زغالی بودند. اکثر ژنوتیپ‌های موجود در این تحقیق، در تحقیقات محققان دیگر وجود نداشتند تا مقایسه‌ای دقیق بین نتایج ژنوتیپ‌ها انجام شود.

اگرچه استفاده از ارقام مقاوم یکی از عوامل کاهش شیوع بیماری عنوان می‌شود، ولی زمانی استفاده از ارقام مقاوم مفید خواهد بود که توصیه‌های بهداشتی و زراعی تا حدودی رعایت شود، در غیر این صورت فشار بالای بیماری مقاومت همه ارقام را بی اثر خواهد کرد (Sinclair and Backman, 1989). در مجموع با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳، ۴، ۷، ۱۰، ۲۰، ۲۴، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۴۱، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۳، ۵۴، ۶۳، ۶۶، ۷۴، ۷۶، ۷۷ و ۱۱۵ که فاقد علائم بیماری بودند و درصد کاهش عملکرد دانه نیز در آنها کمتر از سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود بعنوان ژنوتیپ‌های مقاوم شناسایی شدند.

ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۱۱، ۱۳، ۱۸، ۲۵، ۳۳، ۳۵، ۴۲، ۵۵، ۵۷، ۵۸، ۵۹ ، ۶۲، ۷۰، ۷۲، ۷۳، ۷۸، ۸۶، ۹۳، ۹۷، ۱۰۹، ۱۱۱، ۱۲۳، ۱۲۴، ۱۲۹ و ۱۳۰ به‌دلیل اینکه میزان درصد کاهش عملکرد دانه در آنها بالا بود و شاخص‌های مرتبط به بیماری پوسیدگی زغالی در آنها مقادیر بالاتری بود، جزء ژنوتیپ‌های حساس بودند. سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس میزان خسارت از نیمه مقاوم تا نیمه حساس شناسائی شدند.

قارچ *M. phaseolina* یک قارچ گرمادوست می‌باشد و در مناطقی که در طول

دوره‌ی رویش گیاه دارای فصل گرم و خشک می‌باشند بیشتر شیوع دارد (Babu *et al.*, 2007). همانطور که نتایج این پژوهش نیز نشان داد اکثر ژنوتیپ‌های زودرس نسبت به ژنوتیپ‌های دیررس در برابر قارچ عامل بیماری پوسیدگی زغالی حساس‌تر بودند که این نتایج شاید به این دلیل باشد که ژنوتیپ‌های زودرس دوره رشد آنها کوتاه‌تر بوده و در مرحله رسیدگی آنها دمای هوا بالاتر است و بدلیل فعالیت بیشتر قارچ در این دوره زمانی میزان خسارت ناشی از بیماری در آنها بیشتر بود (Babu *et al.*, 2007).

مطالعه همبستگی بین صفات نشان داد که همبستگی بین درصد کاهش عملکرد دانه با صفات طول زخم ($r=۰/۶۲^{**}$) و درصد بوته‌های آلوده ($r=۰/۵۳^{*}$) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۴). همبستگی شاخص‌های مربوط به بیماری پوسیدگی زغالی (طول زخم، نسبت طول زخم به طول بوته، درصد بوته‌های آلوده و تعداد میکرواسکلروت‌ها در ساقه) نسبت به همدیگر مثبت و معنی‌دار بود.سعیدی‌نژاد و همکاران (Saidinejad *et al.*, 2013) نیز در مطالعه‌ای همبستگی منفی و معنی‌داری را بین میزان بیماری و عملکرد و اجزای عملکرد آن مشخص نمودند. حاجیوند (Hajivand, 2014) نشان داد که وزن کل دانه ژنوتیپ قویترین همبستگی را با شدت بیماری داشت.

سیرگو و نوری راد دوجی (Sirgo and Norirad Davaji, 2012) نیز همبستگی منفی و معنی‌داری را بین میزان وقوع بیماری با وزن هزار دانه مشاهده کردند که این نتایج حاکی از کاهش وزن هزار دانه در اثر بیماری بود. بنابراین آسیب ناشی از بیماری از طریق کاهش وزن هزار دانه نیز می‌تواند موجب کاهش عملکرد دانه شود. طلیعی و همکاران (Taliei *et al.*, 2012) در مطالعه خود ارتباط بین میزان وقوع (درصد بوته‌های آلوده) با شدت بیماری (نسبت طول زخم به طول بوته) را مثبت و معنی‌دار گزارش کردند که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد.

سلمانی و همکاران (Salmani *et al.*,2014) و همچنین منجیستو و همکاران (Mengistu *et al.*, 2018) در مطالعات خود همبستگی منفی و معنی‌داری را بین عملکرد دانه و شاخص‌های مرتبط با بیماری پوسیدگی زغالی گزارش کردند. همانطور که نتایج حاصل از این تحقیق و نتایج مطالعات محققان دیگر نشان داد همبستگی مثبت بین درصد کاهش عملکرد دانه و شاخص‌های مرتبط با بیماری پوسیدگی زغالی حاکی از کاهش عملکرد دانه در شرایط افزایش شدت بیماری می‌باشد. پس هرچه قدر گیاه نسبت به بیماری حساس‌تر باشد میزان کاهش عملکرد و خسارت در آن بیشتر است.

بمنظور شناسایی صفات موثر بر درصد کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش بیماری از رگرسیون گام به گام استفاده شد. نتایج نشان داد که دو متغیر طول زخم و درصد بوته‌های

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های بیماری‌زایی و درصد کاهش عملکرد دانه سویا در شرایط تنش بیماری پوسیدگی زغالی

Table 4. Correlation coefficients between pathogenesity indices and grain yield reduction (%) of soybean genotypes under charcoal rot disease stress conditions

Trait	صفت	1	2	3	4	5
Grain yield reduction (%)	درصد کاهش عملکرد دانه					
Lesion length	طول زخم	0.62**				
Ratio of lesion length to plant length	نسبت طول زخم به طول بوته	0.30ns	0.93**			
Infected plants (%)	درصد بوته‌های آلوده	0.53*	0.84**	0.83**		
Number ofmicrosclerota in stem	تعداد میکرواسکلروت‌ها در ساقه	0.24ns	0.61**	0.63**	0.62 **	

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and**: Significant at the 5% and 1% of probability levels, respectively.

آلوده مجموعاً بیش از ۶۱ درصد تغییرات مربوط به درصد کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها را در شرایط تنش بیماری توضیح دادند (جدول ۵).

جدول ۵- برازش بهترین مدل رگرسیون چند متغیره به روش گام به گام با استفاده از درصد کاهش عملکرد دانه به عنوان صفت وابسته و سایر صفات مورد مطالعه به عنوان متغیرهای مستقل در ژنوتیپ‌های سویا تحت تنش بیماری پوسیدگی زغالی در سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Table 7. Fitting of the best multivariate regression model using stepwise regression using grain yield reduction (%) as dependent and other evaluated traits as independent variables in soybean genotypes under charcoal rot disease conditions in 2014 and 2015

		First step گام اول		Second step گام دوم	
		رگرسیون Regression	خطا Error	رگرسیون Regression	خطا Error
Df.	درجه آزادی	1	128	2	127
Imported trait	صفت وارد شده	طول زخم Lesion length		درصد بوته‌های آلوده Infected plants (%)	
Mean of square	میانگین مربعات	1.99	0.37	3.87	0.73
F value		53.87**		37.78**	
Cumulative R^2		0.39		0.61	
Reg. coefficient		0.32		0.05	
Standard error		0.34		0.19	

**: معنی‌دار درسطح احتمال یک درصد.

**: Significant at the 1% probability level.

عرض از مبدأ = ۰/۲۶

Intercept= 0.26

سپاسگزاری

این پژوهش بخشی از پروژهٔ تحقیقاتی مصوب موسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر به شمارهٔ ۹۱۳۱۵-۰۳-۰۳-۰ می‌باشد که هزینه‌های اجرای آن توسط این موسسه تامین شده است و بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

References

Abdel-Monaim, M. F. 2013. Improvement of biocontrol of damping-off and root rot/wilt of faba bean by salicylic acid and hydrogen peroxide. Mycobiology 41(1): 47-55.

Babu, B. K., Saxena, A. K., Srivastava, A. K., and Arora, D. K. 2007. Identification and detection of *Macrophomina phaseolina* by using specific species oligonucleotide primers and prob. Mycologia 99: 797-803.

Govindappa, M., Lokesh, S., and Rai, V. R. 2005. A new stem splitting symptom in safflower caused by *Macrophomina phaseolina*. Journal of Phytopathology 153: 560-561.

Hajivand, E. O. 2014. Investigation of the resistance of soybean genotypes to charcoal rot. M.Sc. Thesis, Gorgan University of Agricultural and Natural Resources Sciences, Gorgan, Iran. 182 pp. (in Persian).

Hemmati, P., Zafari, D., Bagheri, S. M., and Hashemi, M. 2014. Pathogenic variation of *Macrophomina phaseolina*isolates and resistance of soybean genotypes to the fungus in vitro and greenhouse conditions. Seed and Plant Improvment Journal 30-1(1): 207-220. (in Persian).

Jana, T., Sharma, T., Prasad, R. D., and Arora, D. K. 2003. Molecular characterization of *Macrophomina phaseolina* and fusarium species by a single primer RAPD technique. Microbiological Research 158: 249-257.

Luc, M., Sikora, R. A., and Bridge, J. 2005. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd Edition. Oxford University Press. UK. 896 pp.

Mengistu, A., Arelli, P. A., Bond, J. P., Shannon, G. J., Wrather, A. J., Rupe, J. B., Chen, P., Little, C. R., Canaday, C. H., Newman, M. A., and Pantalone, V. R. 2011. Evaluation of soybean genotypes for resistance to charcoal rot. Online. Plant Health Progress. doi:10.1094/PHP-2010-0926-01-RS.

Mengistu, A., Ray, J. R., Smith, J. R., Arelli, P. R., Bellaloui, N., Chen, P.,

Shannon, G., and Boykin, D. 2018. Effect of charcoal rot on selected putative drought tolerant soybean genotypes and yield. Crop Protection, 105: 90-101.

Mengistu, A., Ray, J. D., Smith, J. R., and Paris, R. L. 2007. Charcoal rot disease assessment of soybean genotypes using a colony forming unit index. Crop Science 47: 2453-2461.

Pahlavani, M. H., and Razavi, S. E. 2007. Isolation of *Macrophomina phaseolina*, the causal agent of charcoal rot disease and determination of reaction mode in some safflower genotypes. Journal of Agricultural and Natural Resources Science 14(2): 157-164. (in Persian).

Pederson, G. A., Pratt, R. G., and Brink, G. E. 2000. Response of leaf inoculations with *Macrophomina phaseolina* in white clover. Crop Sciences 40: 687-692.

Rayatpanah, S., and Alavi, S. V. 2006. Study on soybean charcoal rot disease in Mazandaran. Journal of Agricultural and Natural Resources Sciences, 13: 107-114. (In Persian).

Rayatpanah, S., Alavi, V., andArab, G. 2007. Reaction of some soybean advanced lines to charcoal rot disease, *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. in east Mazandaran. Seed and Plant Improvment Journal 23(2): 181-186. (in Persian).

Saidinejad, S. M. R., Aghajani, M.,and Hezarjeribi, I. 2013. Response of soybean promising lines and commercial cultivars to charcoal rot disease in Gorgan region. Iranian Journal of Oilseed Plant 2(1): 30-44 (in Persian).

Salmani, M. J., Habibi, R., Safaei, N., Aghajani, M. A., and Amini, M. 2014. Resistance assessment of different sunflowers varieties to charcoal rot disease in Golestan province. Iranian Journal of Plant Protection Scienses, 45(1): 39-48. (in Persian).

Sinclair, J. B., and Backman, P. A. 1989. Compendium of soybean diseases (3rd ed.).APS Press. St. Paul , Minnesota, USA. 126 pp.

Sirgo, M., and Norirad Davaji, A. M. 2012. Study of the effect of planting date and cultivar on charcoal rot disease in sunflower under rainfed conditions. Pp. 680-685. In: Proceedings the 2th National Conferance of new achievements in oilseeds crop production. Bojnourd Branch, Islamic Azad University. (in Persian).

Taliei, F., Safaie, N., and Aghajani, M. A. 2012. Relationship between disease incidence and severity of soybean charcoal rot in Golestan province. Journal of Plant Production 19(3): 142-125. (in Persian).